

Mätning av skogsmarkens blockkvot med markradar

FÖRSTUDIE AV TVÅ OLIKA UTRUSTNINGAR

Measurement of boulder fraction in forest land by ground radar



FOTO: MALÅ GEO SCIENCE

Summary

This report presents the results of a pilot study in which ground radar was tested in quantitative measurement of boulders in forest land. The test was to measure the occurrence of rocks and boulders in the surface layer of the ground. The presence of boulders was first identified and measured using soil probes, which enabled calculation of the boulder ratio, and the ground radar equipment was then used to collect radargrams over the same area.

The study shows that a radargram reliably distinguishes between larger structures such as rock outcrops and larger boulders and differences in water content in forest land. However, none of the ground radar equipment could distinguish stones smaller than 40 mm at the radar frequencies used.



Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala
skogforsk@skogforsk.se
skogforsk.se

Redaktör: Anna Franck, anna@annafranck.se
Foto där inget annat anges: Mikael Andersson, Skogforsk
©Skogforsk 2019 ISSN 1404-305X

Förord

Utrustningarna som använts för mätning av skogsmarkens blockkvot tillhandahölls av Radarteam Sweden AB, Per Wikström samt Guideline Geo AB, Johan Friborg. Vid analys av de inmätta radargrammen har båda företagen varit behjälpliga.

Författarna vill rikta ett tack till företagen och dess personal för gott samarbete.

Sävar och Strömsund 2019-05-02

Mikael Andersson & Tomas Johannesson

Innehåll

Summary.....	2
Förord	3
Sammanfattning.....	5
Bakgrund och syfte	6
Känd och etablerad teknik.....	6
Material och metoder	7
Markradar	7
Utrustning.....	8
Försöksupplägg.....	9
Mätningar i fält	9
Kartor	9
Mätning med jordsond	12
Resultat	14
Radargram	14
Inmätt väggkropp	14
Berggrund	15
Grusupplag.....	16
Grustäkt.....	17
Markberedningsstråk.....	18
Diskussion	21
Vision	21
Slutsatser	22
Referenser.....	21
Bilaga 1. Jordsondsmätningar.....	23
Bilaga 2. Radargram.....	26

Sammanfattning

Rapporten redovisar resultatet av en förstudie där markradar har prövats i syfte att mäta skogsmarks blockighet i vidare mening. Blockighet är ett mått på sten- och blockförekomst i markens ytskikt. Blockförekomsten har mätts med hjälp av jordsond och ur det har blockkvoten beräknats. Med markradarutrustningarna har sedan radargram samlats in över samma sträcka.

Studien visar att man säkert kan skilja mellan större strukturer som hållar, större stenblock och skillnader i vatteninnehåll på skogsmark i radargrammen. Ingen av markradarutrustningarna kan urskilja stenar mindre än 40 mm vid de aktuella radarfrekvenserna.

Bakgrund och syfte

Idag saknas enkla och effektiva verktyg för att i skogsmark korrekt bedöma blockkvot, stenförekomst, textur och bärighet. Med bättre kunskap kring markens beskaffenhet kan valet av skogsskötsel- och markberedningsmetoder underlättas och kvaliteten i markberedningsarbetet förbättras genom att optimala maskin- och aggregatinställningar kan väljas.

Känd och etablerad teknik

Användande av markradar har förekommit under lång tid inom olika tillämpningar t.ex. vid vägprospekteringar, arkeologi mm. Däremot saknas kunskap om teknikens möjlighet att användas för beräkningar av bärighet eller marktäckets bearbetningsmotstånd.

Syftet med projektet var att studera om markradar kan användas för kvantitativ mätning av någon eller några relevanta parametrar för skogsskötsel eller markberedning.

Mål:

- Studera hur olika tekniker kan resultera i förbättrade förutsättningar för minskade markskador och skonsammare markberedning. Tillika kan en ökad kunskap ge ett bättre underlag för en bättre optimerad skogsskötsel.
- Genomföra en kvalitativ jämförelse mellan olika radargram vid kända markförhållanden.
- Utifrån genomförda praktiska studier analysera vad som krävs för att gå vidare med markradar i praktiskt skogsbruk.

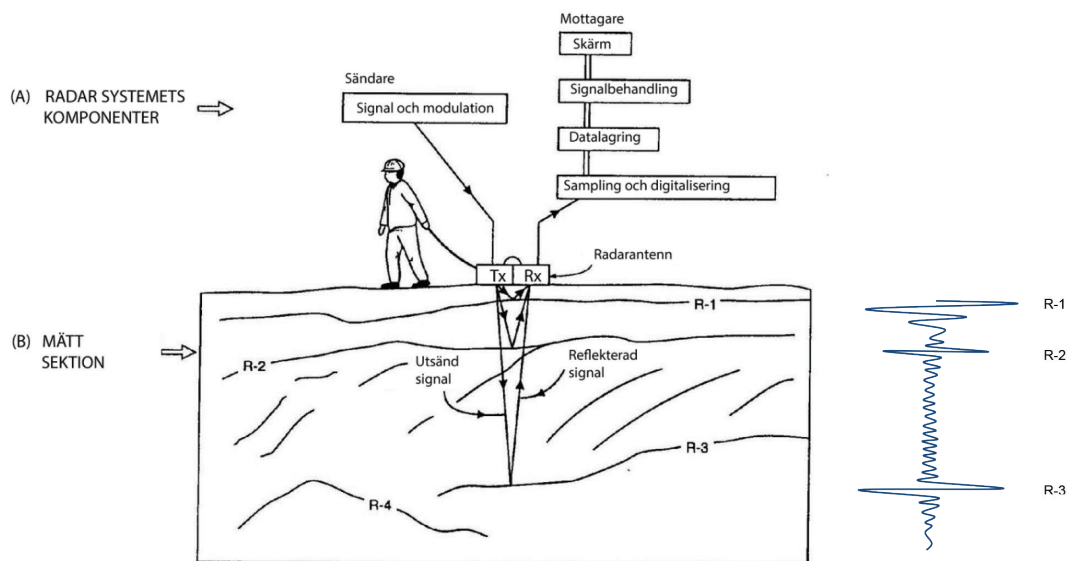
Begränsningarna för studien var såväl kännedom om markförhållanden, samt ett begränsat urval av försöksmarker.

Material och metoder

MARKRADAR

Markradar benämns på engelska "Ground Penetrating Radar" och förkortas GPR.

Markradar är en geofysisk metod som använder radarpulser för att avbilda strukturer under mark. Det är en icke förstörande metod som använder radiofrekvenser i området 10-2600MHz. En markradarsändare skickar ut elektromagnetisk energi via en antenn ner i marken. När energin träffar på ett objekt eller en yta mellan material med olika elektrisk permittivitet, så kan den reflekteras, brytas eller spridas.



Figur 1. Principen för markradar. Strukturerna R-1 till R-4 föreställer lager i marken som reflekterar radarsignalen och ger ett eko i mottagaren. Till höger visas signalen som skulle kunna bli resultatet av dessa strukturer.

En mottagarantenn kan då ta upp variationerna i den mottagna signalen. Antennen placeras vanligtvis i kontakt med marken för största signalstyrka, men det finns även flygburen markradar.

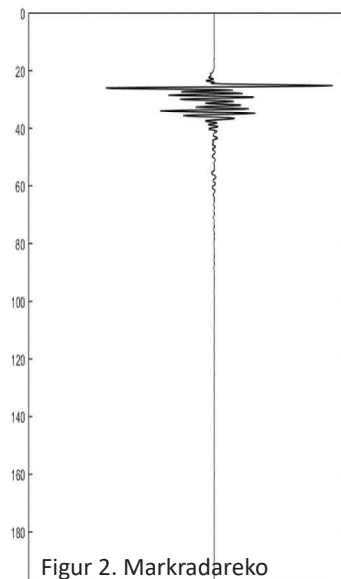
Radargram kallas bilderna som skapas av det eko som objekt under marken ger upphov till, detta fungerar även för sprickor och hålrum. Figur 1 visar principiellt hur en markradarmätning kan se ut. För att skapa ett radiogram så stackar man enskilda ekon vertikalt efter varandra och låter amplituden svärta varje vertikal linje i det slutliga radargrammet. Strukturerna R-1 till R-4 föreställer lager i marken som reflekterar radarsignalen och ger ett eko i mottagaren. I figur 1 visas signalen som skulle kunna bli resultatet av reflexioner från strukturerna R-1, R-2 och R-3. Figur 2 visar hur signalen från ett enskilt markradareko kan se ut i en verklig mätning.

Ett diskret objekt som en sten, ett rör avbildas i radiogrammet som en hyperbol och orsaken till det är som följer.

En markradars antennlob är i huvudsak konisk. Detta innebär att när antennlobens kon närmar sig ett objekt under markytan kommer de första reflexerna att komma från radar-energin i konens periferi och den reflexionstiden är längre än när antennen befinner sig rakt ovanför. Konens periferi representeras här av hypotenusan i en rätvinklig triangel. Eftersom reflexionstiden där är längre så kommer ekot att registreras längre ner i

eko-profilen. När antennen sedan dras över objektet så minskar avståndet mellan dem tills antennen befinner sig rakt ovanför objektet för att sedan öka igen när antennen rör sig bort. Objektet befinner sig då på djupet för hyperbolens max. Några exempel på detta finns under rubriken inmätt vägkropp.

Det är i huvudsak de elektriska egenskaperna i marken som avbildas. Markens elektriska konduktivitet, den center-frekvens som används och sändarens effekt begränsar markradarns nedträngningsdjup. På grund av dämpningsmekanismer som är frekvensberoende så tränger inte högre frekvenser lika djupt som lägre frekvenser. Å andra sidan så ger högre frekvenser större upplösning i radargrammen. Därför blir valet av frekvens alltid en kompromiss mellan upplösning och nerträngningsdjup. Torra sandiga jordar eller massiva torra material som granit, kalksten och betong möjliggör ett stort nedträngningsdjup medan leriga jordar och material med stor elektrisk konduktivitet bara medger ett mindre nedträngningsdjup.



Figur 2. Markradareko

UTRUSTNING

Fältmätningarna i studien utfördes med två olika utrustningar från olika tillverkare. Totalt har cirka 1000 meter mätts in i olika delsträckor med varierande markförhållande. Av dessa ingår cirka 300 meter med mera känd karaktär.

Figuren 3 och 4 visar de två markradarenheter som använts i förstudien. Båda utrustningarna är till stor del likartade i både handhavande och utseende.

Båda utrustningarna arbetar med flera radarfrekvenser och är utrustade med fältdatorer för radargraminsamling. Malå GX arbetar med två frekvenser 160 resp. 450MHz och Cobra CBR jobbar med tre frekvenser 200, 400 och 800MHz. För positioneringen används differentiell GPS (DGPS), med en noggrannhet <1m. Båda enheterna arbetade med mätjule för längdregistrering under dessa mätningar. Mätjulet används för att trigga radarn för att erhålla bearbetade ekon vid jämna intervall över mätsträckan. Under mätning drogs utrustningen i stråk. Vid mätning av ett flertal stråk finns även möjligheten att skapa en tredimensionell genomskärning över markavsnittet, det gjordes inte vid detta försök.



Figur 3, Cobra CBR, Radarteam



Figur 4. Malå GX Guideline Geo.

FÖRSÖKSUPPLÄGG

Upplägget var att göra markradarmätningar vid markförhållanden som var någorlunda kända. I ett tidigare markeringsförsök på trakten Passagen så var markförhållandena delvis kända och mätta. På detta försök valdes fyra körspår för mätningarna. Mätningar genomfördes sedan med respektive utrustning för att kunna göra en jämförelse mellan utrustningarna.

Flera mätningar genomfördes på områden med olika (förväntade) förhållanden i syfte att kunna jämföra resultatet från utrustningarna, se figur 5. Dessa områden var:

1. Passagen (figur 6). Ett skogsmarksområde som ingått i ett tidigare markeringsförsök varför markförhållandena var någorlunda kända. I detta område valdes fyra stråk ut för mätningarna.
2. Skogsbilvägen (figur 7). En sträcka på en intilliggande grusväg med en vägtrumma.
3. Grustaget (figur 8 och 9). En närliggande grustäkt i en ås där den synliga skärningen ger viss information om vilket material som kan förväntas finnas i marken.
4. Grusupplaget (figur 10). En hög med krossat naturgrus vilket siktats till ett slitlager i storleksklassen 0–40 mm.

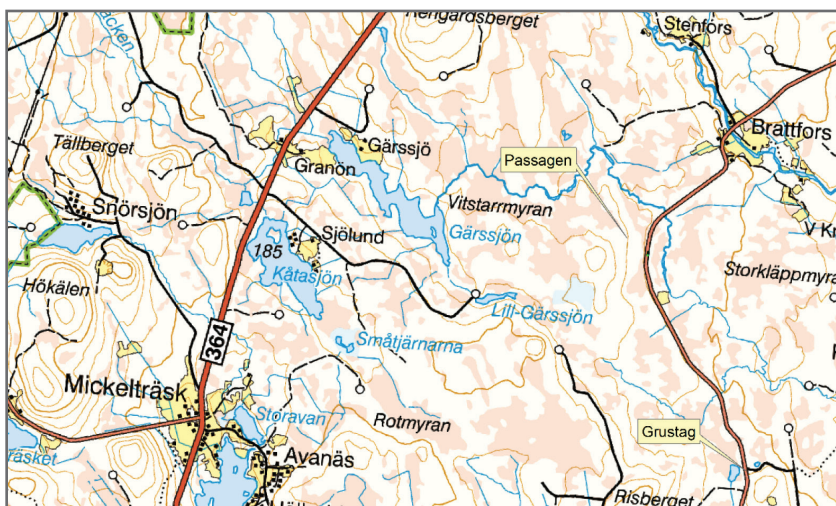
MÄTNINGAR I FÄLT

Mätningarna med markradar genomfördes vid två tillfällen, markradarmätningen med Cobra CBX genomfördes 2017-09-28 och med Malå GX 2017-10-23. Från att ha varit ganska torrt i slutet av september vid den första mätningen så hade det regnat en hel del till den andra mätningen i oktober. Markens vatteninnehåll ökade mellan de två mätningarna.

KARTOR

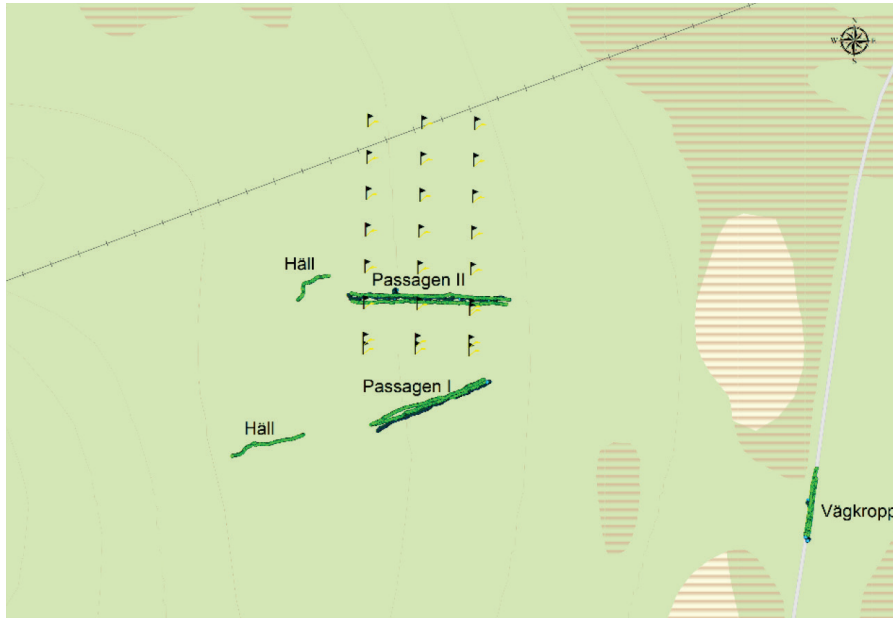
För att skapa en överblick av markradarmätningarna så presenteras här kartor över de två studieplatserna.

Figur 5 visar en översiktskarta över försöksytan Passagen och grustaget där markradarmätningarna utfördes.



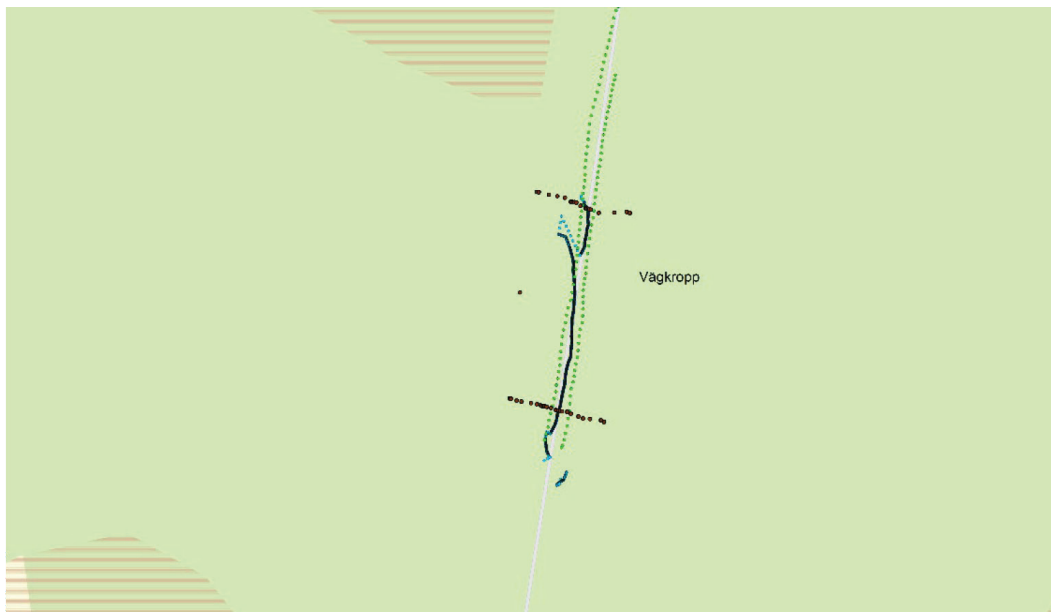
Figur 5.
Översiktskarta över
mätplatserna.

Figur 6 visar en karta över markberedningsförsöket på trakten Passagen, markberedningsspåren med delvis kända markförhållanden som mättes in med båda markradarutrustningarna är benämnda Passagen I respektive Passagen II.



Figur 6. Mätningar i markberedningsspår, synliga hällar samt väggkropp.

I figur 7 visas i detalj hur mätningen på väggkroppen utfördes. För den ena markradarutrustningen blev positionsangivelserna från GPS-utrustningen störda, se figur 7. Radargrammen styrs dock av mätjulet på båda utrustningarna så radargrammen påverkas inte av dålig GPS-täckning i detta fall. De två prickade linjerna i figuren visar en senare GPS-mätning av vägtrumornas position, detta för att säkert kunna identifiera positionen för vägtrumorna i båda markradarutrustningarnas radargram.



Figur 7. Markradarmätning väggkropp.

Några mätningar gjordes i en skärning i ett grustag där man kan se ungefär vilket material som markradarn har mätt igenom.



Figur 8. Ortofoto över mätningen i grustagets skärning och grusupplag.

Genomskärningen som mättes i grustaget nederst i figur 8 visas på fotot i figur 9, man kan se att materialet blir grövre i fotots vänstra halva av grustäkten.



Figur 9. Foto av materialet i grustaget. Fotot taget vid svarta pilen i figur 8.

För att få en referens vid mätning i homogent material så mättes även grusupplaget som visas i figur 10 och markerat överst i figur 8. Materialet var homogent motsvarande material för bärlager i storleksklass 0–40 mm.



Figur 10. Grusupplaget, material för bärlager på skogsbilvägar, materialstorlek 0 – 40 mm. Fotot taget vid vita pilen i figur 8.

MÄTNING MED JORDSOND

Jordsonden som användes består av ett 115cm långt rundjärn med 10mm diameter och ett påsvetsat handtag. Spetsen är slipad i 20° vinkel. Jordsondsmätningen gjordes för att få en manuell referens till markradarmätningen och för att ge en möjlighet att beräkna blockkvoten.

För de två markberedningsspåren beräknades blockkvoten enligt Skogforsks terrängtypschema. Mätningen utfördes så att jordsonden stacks ned till sonderingsdjupet, d.v.s. till det djup man når med rimlig ansträngning. Block i dagen räknas som nedstick mot hinder. Vid studien gjordes ett nedstick per meter.

Träffar jordsonden på hinder före den nått ner till 20cm djup så registreras det. Blockkvoten (BK) beräknas som kvoten:

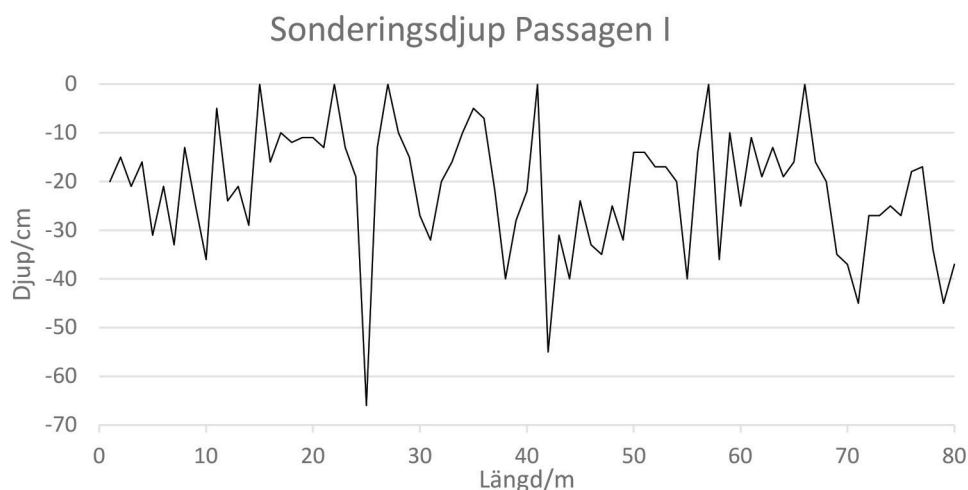
$$BK = (\text{antalet registrerade nedstick mot hinder grundare än 20cm}) / (\text{totala antalet nedstick})$$

Klassificeringen gjordes sedan enligt tabell 1.

Tabell 1. Klassdefinitioner av blockkvot enligt Skogforsks terrängtypschema för skogsmark.

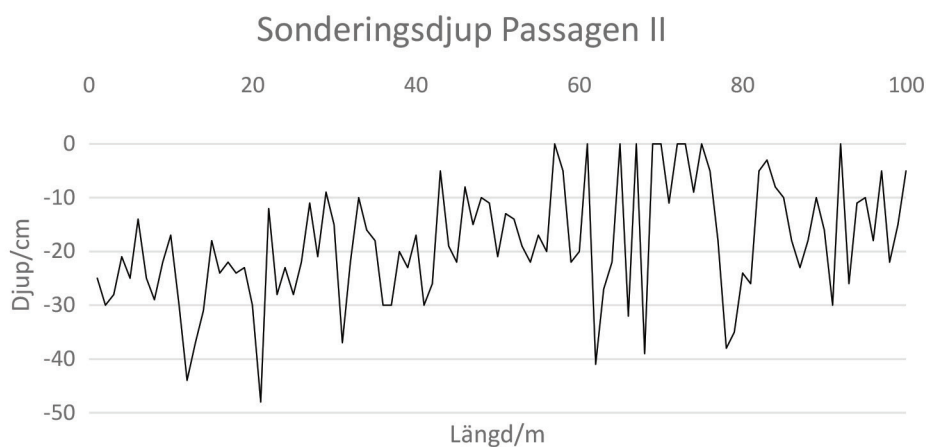
Klass	Blockkvot, %
1	0
2	1-20
3	21-40
4	41-60
5	61-100

För markberedningsspåren på studietrakten Passagen (figur 6) blev blockkvoten 55 procent för Passagen I och 54 procent för Passagen II, motsvarande blockkvot klass 4 enligt tabell 1. Figurerna 11 och 12 visar det faktiska sonderingsdjupet som nåddes på de två försöksytorna Passagen I resp. Passagen II.



Figur 11. Sonderingsdjup på Passagen I. Blockkvot enligt mätning med jordsond var klass 4, 55 % blockkvot.

Jordsondsmätningen ger en bild av hur djupt stenarna ligger på de två ytorna, men tyvärr säger den lite eller inget om stenarnas storlek, möjligen om humustäckets tjocklek.



Figur 12. Sonderingsdjup på Passagen II. Blockkvot enligt mätning med jordsond var klass 4, 54 % blockkvot.

Det mätvärden som ligger bakom figurerna 11 och 12, redovisas i tabellformat i Bilaga 1.

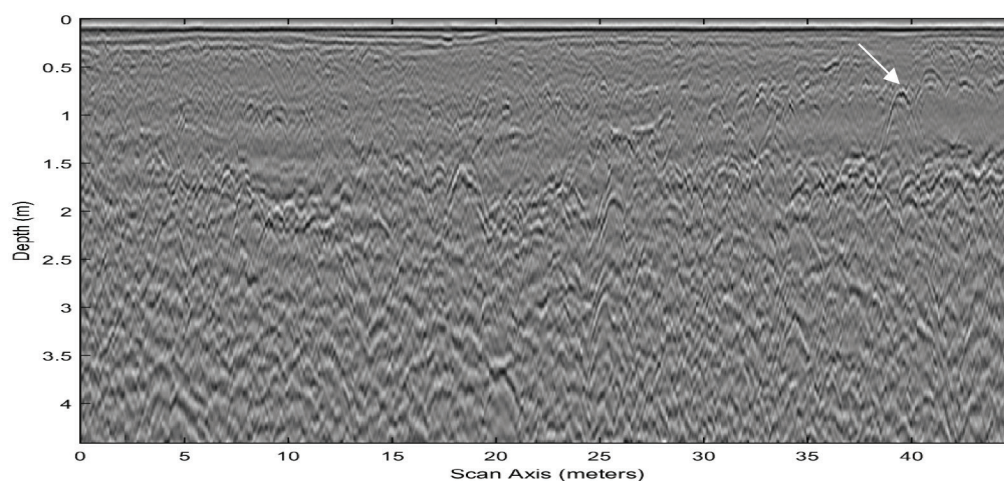
Resultat

RADARGRAM

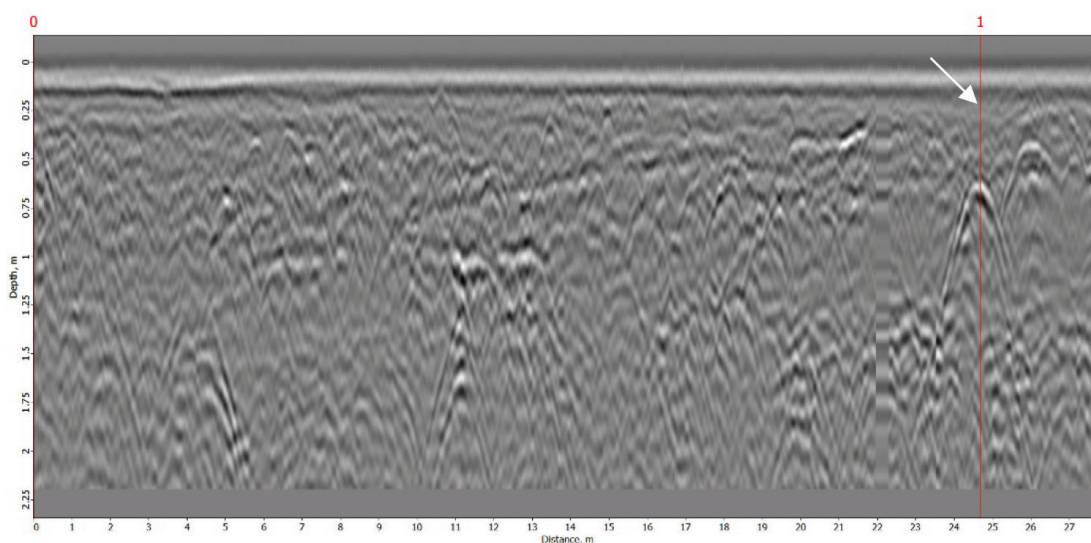
Markradarmätningarna resulterade i ett antal radargram för de olika försökssträckorna, på objekten Passagen I och II samt för de kompletterande mätningarna på grusväg och i grustäkt. Radargrammen som visas i figurerna har lite olika kontrast i bilderna, detta beror mer på den filtrering som valts i efterbearbetningen än på reell skillnad i radardata.

Inmätt vägkropp

Markradarutrustningarna mätte in samma sträcka utefter en grusväg. I figur 13 och 14 visas två exempel på den inmätta vägbanken. I dessa figurer kan man se vägtrummans placering. Vägtrummans diffraktionshyperbol ses i figur 13 vid 40 m markeringen på x-axeln och i figur 14 vid 25 m markeringen på x-axeln. Vägtrumman i figur 13 ligger på ca. 60 cm djup och har en innerdiameter på 45 cm.



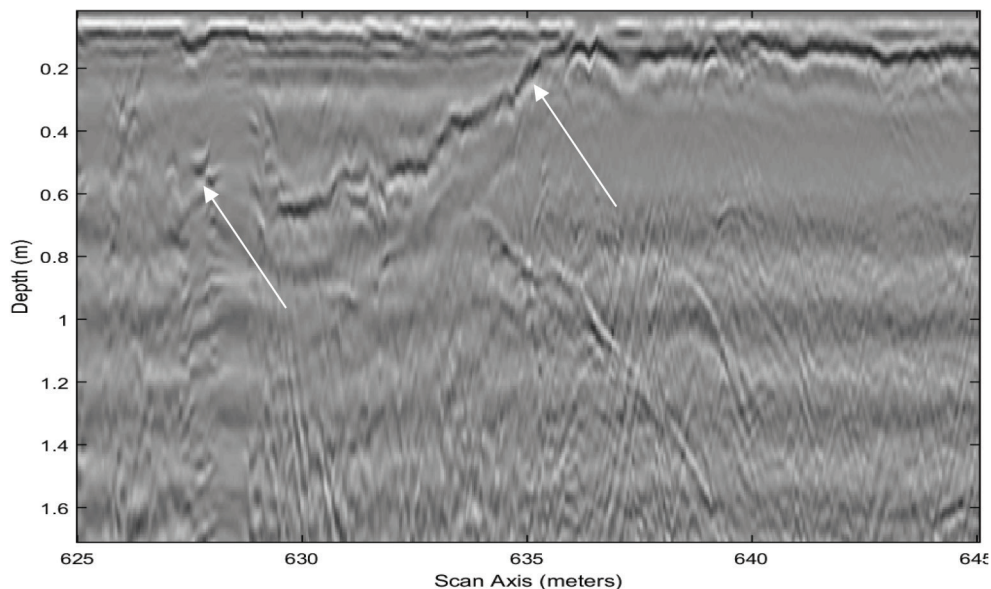
Figur 13. Exempel på vägtrumma vid 40 m, Malå GX.



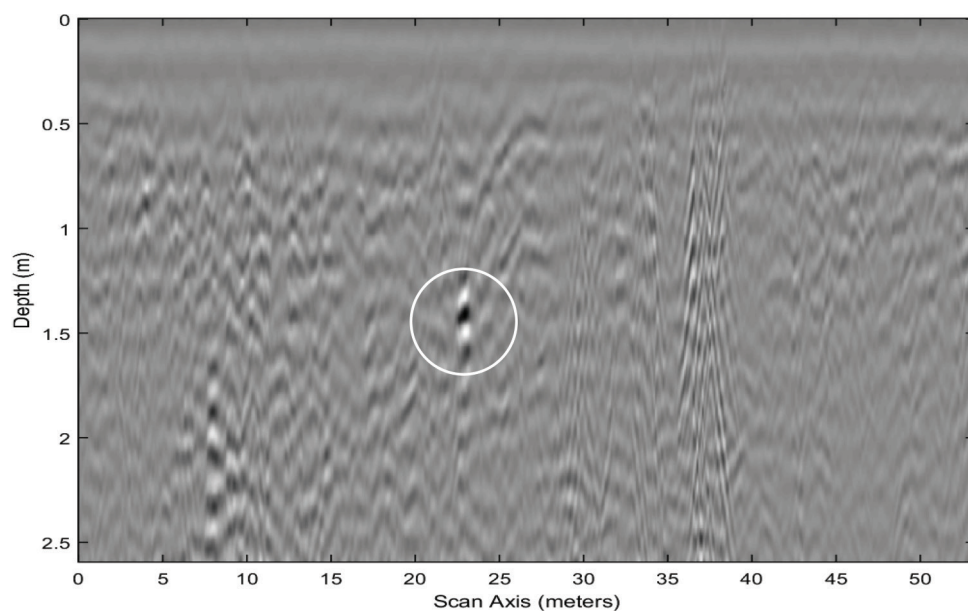
Figur 14. Exempel med vägtrumma vid 25 m, Cobra CBR

Berggrund

I radargrammen kan man se olika strukturer under markytan. I figur 15 visas ett utsnitt av en längre mätning som genomfördes mellan Passagen och grusvägen. Vid cirka 628 m på x-axeln noterades ett större stenblock på 50 cm djup. Vid pilen runt 635 m på x-axeln går berggrunden gradvis i dagen.



Figur 15. Häll, synlig från 629-635 m, Malå GX.

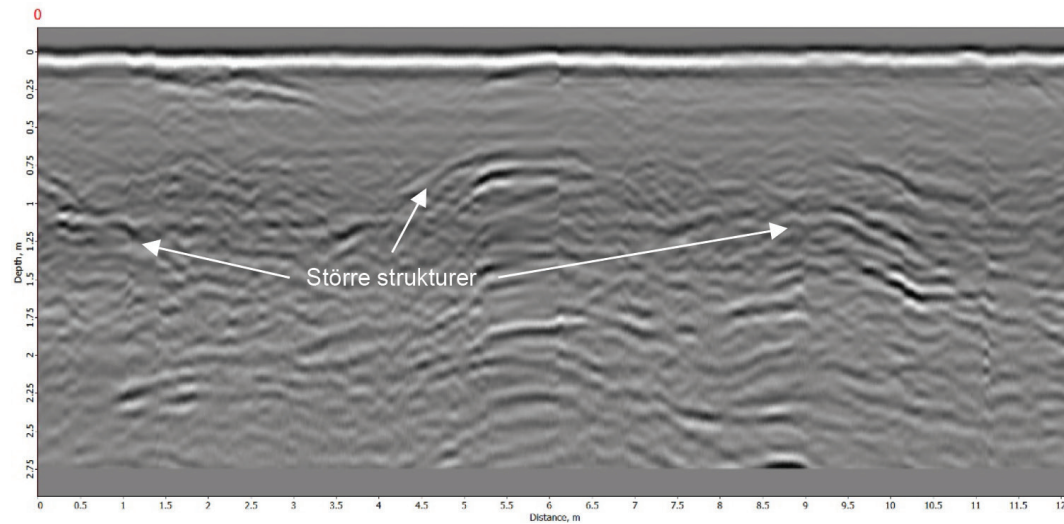


Figur 16. Häll, synlig från 23-27 m, Malå GX

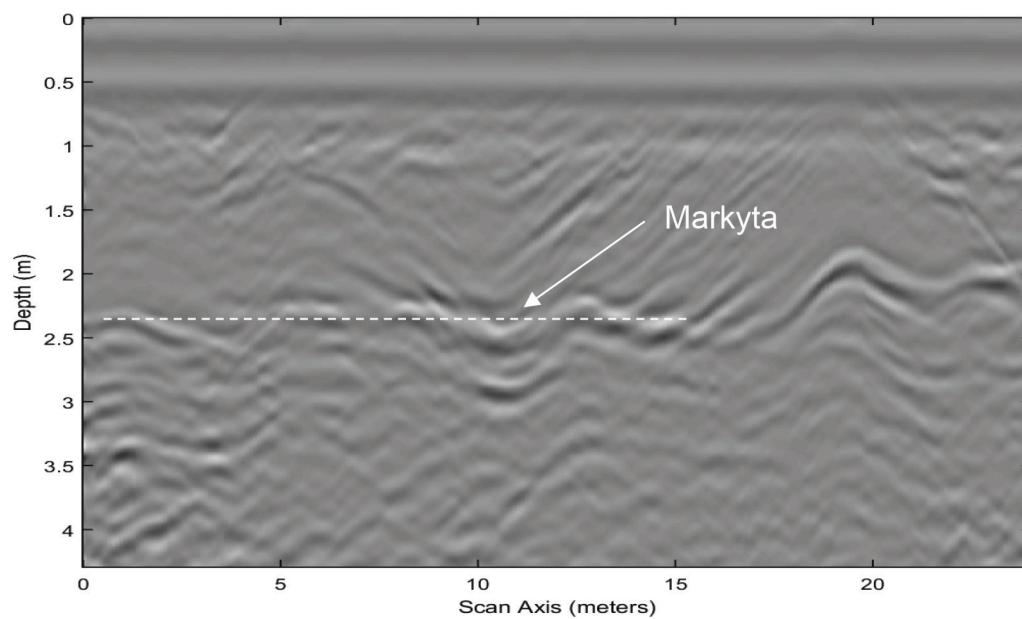
Figur 16 visar vid 23 m enligt skalan på x-axeln finns något som kan tolkas som ett hålrum. Det kan vara en spricka i hällen eller en sten i kombination med hällen som ger upphov till hålrummet.

Grusupplag

Vid mätning i homogent material saknas de mindre strukturerna i radargrammen. Det som däremot kan skönjas är troligen skillnader i vatteninnehåll. Detta framgår som de större strukturerna i figur 17 och figur 18.



Figur 17. Grusupplag, Cobra CBR



Figur 18. Grusupplag, Malå GX.

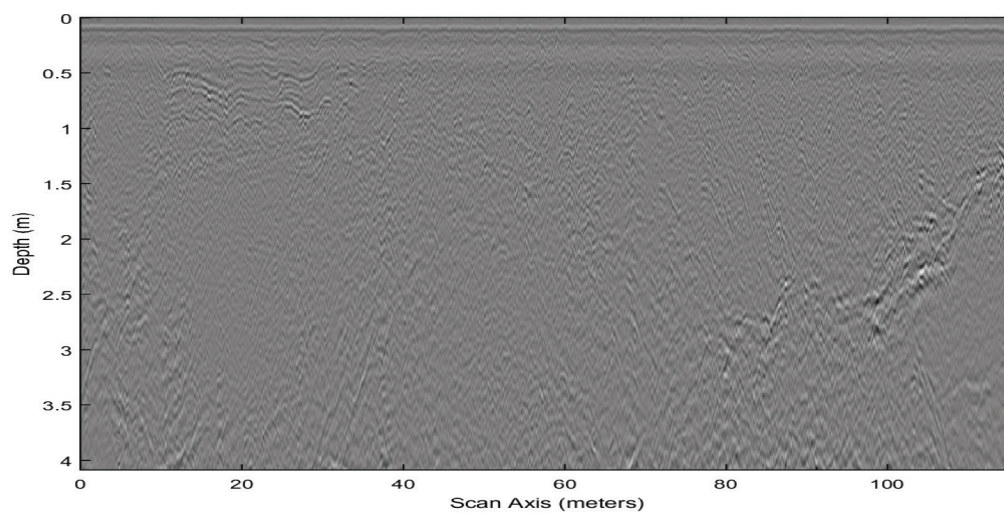
Radargrammet i figur 19 visar gränsytan mellan det upplagda gruset och den tidigare markytan på ett djup av ca 2,5 m.

Grustäkt



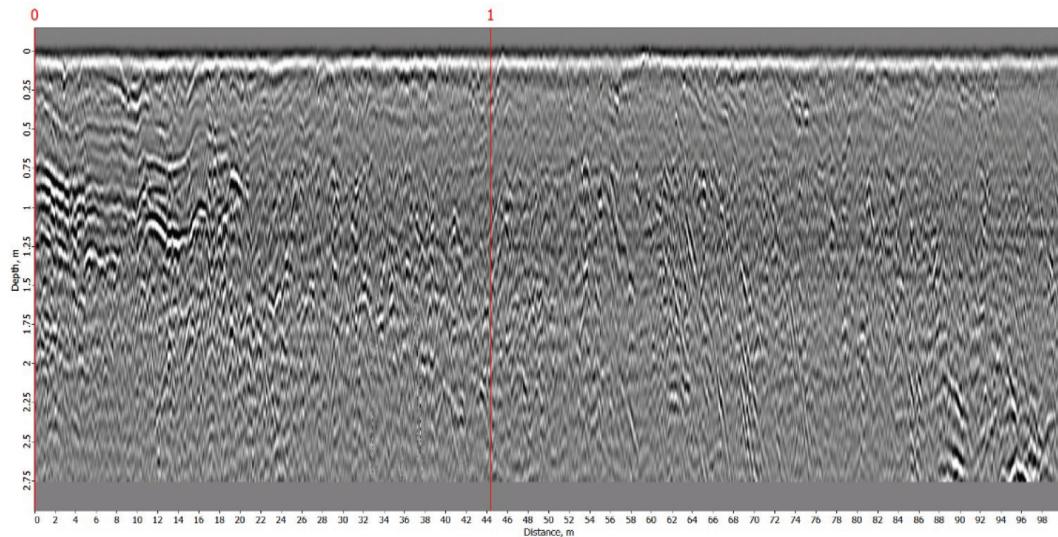
Figur 19. Grustag.

Markradarmätningen i figur 20 kan jämföras med fotot i figur 19. Markradarmätningen genomfördes så att utrustningarna drogs några meter innanför krönet från höger till vänster längs den streckade linjen på fotot i figur 19. Radargrammen i figur 20 och 21 börjar alltså vid den fyllda pilen till höger i figur 19 och följer den streckade linjen till strax utanför bild till vänster.



Figur 20. Grustag med start t.h. i figur 20, Malå GX.

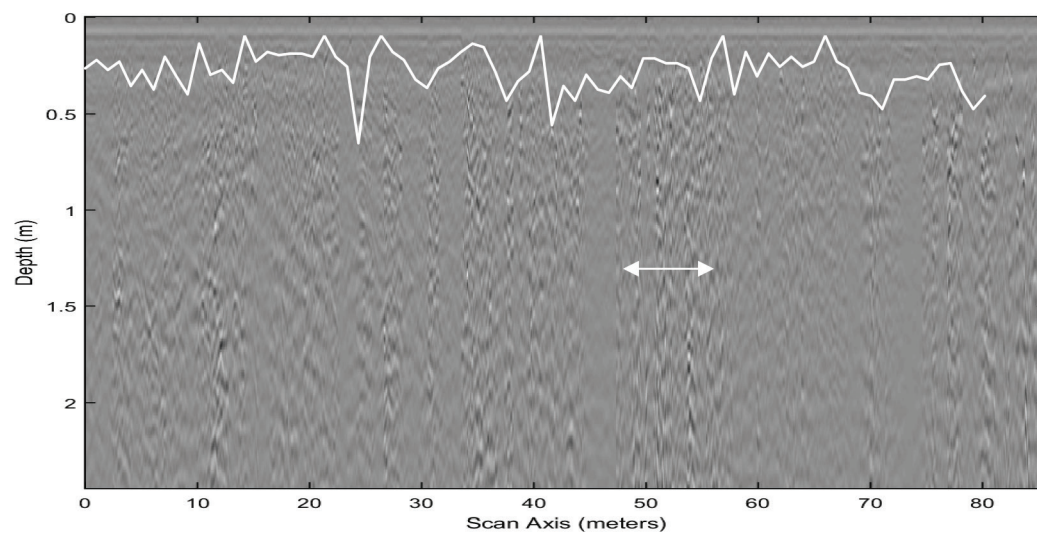
Enligt fotot i figur 19 så bör det vara grövre material på andra halvan av radargrammen i figurerna 20 och 21 men det är tveksamt om detta kan utläsas från radargrammen. I båda figurerna ovan så återfinns samma struktur i den första fjärdedelen av radargrammen. Båda radargrammen har samma slutpunkt, så strukturen från 80 m i figur 20 borde återfinnas från runt 65 m i figur 21. Förhållandena i grustäkten var betydligt fuktigare när radargrammet i figur 21 togs, detta kan förklara att strukturen i figur 20 inte kan återfinnas i figur 21.



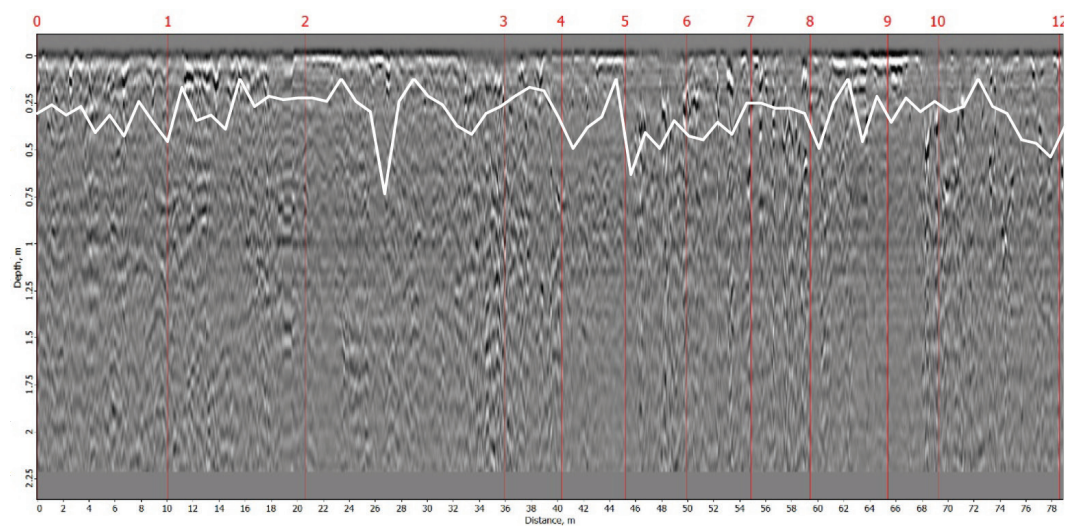
Figur 21. Radargram med start t.h. i figur 20, Cobra CBR.

Markberedningsstråk

I figurerna 22 och 23 ligger jordsondsmätningarna från figur 11 överlagrade på radargrammen. Radargrammet i figur 22 visar en struktur under mark vid 48 m på x-axeln, samma struktur återfinns i figur 22 från 33 m på x-axeln. Skälen för att strukturen i radargrammen inte ligger på samma avstånd i figurerna är åtminstone två, dels startar inte de två mätningarna på samma ställe och dels behöver inte strukturen ligga vinkelrätt mot mätsträckornas huvudsakliga riktning.

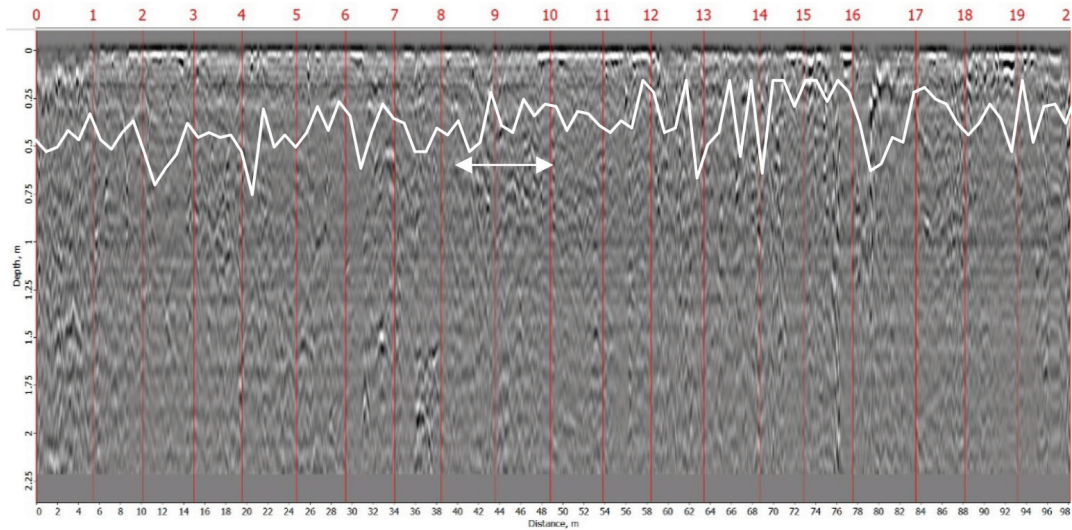


Figur 22, Passagen I högerspår utför, Malå GX.

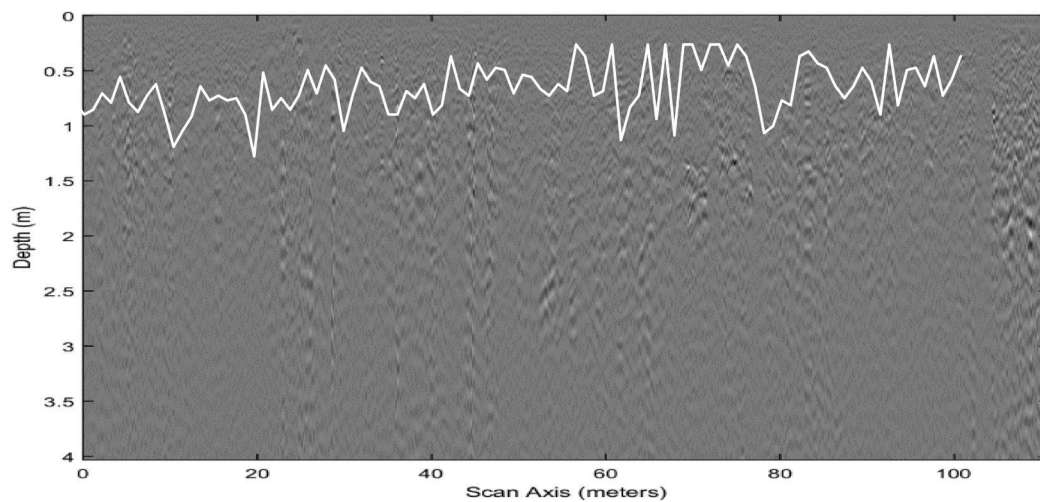


Figur 23, Passagen I högerspår utför, Cobra CBR.

För Passagen II kan man göra samma tolkning som i Passagen I, att strukturerna vid 75 m i figur 24 och vid 70 m i figur 25 återfinns i det sonderade djupet i figur 11. I detta fall det mindre tydligt och tolkningen blir då mer tveksam.



Figur 24, Passagen II Cobra CBR, vänsterspår utför.



Figur 25, Passagen II Malå GX, högerspår uppför.

Även här kan det myckna regnandet mellan mättillfällena ha spelat in.

Diskussion

Det tydligaste vi kan se på radargrammen som har relevans för markberedning är hållar. Hållar och hållmark kan man utan tvekan detektera, så vid markberedning skulle man kunna ta hänsyn till hur djupt berggrunden ligger och anpassa metod och djup till detta.

När det gäller att urskilja enskilda block och stenar så kan det göras på de radargram där blocken är stora och med säkerhet där vi okulärt kan bekräfta att de finns. Djupskalan i radargrammen är på någon dm när om kalibreringen görs ordentligt. För att användas i markberedning så är den noggrannheten tillräcklig.

Vid mätningar i skogsmark som ofta innebär en ojämn terräng är det svårt för mätthjulet att noggrant följa marken. Mätthjulet slirar helt enkelt vid upprepade tillfällen. Det kan leda till ett flertal störningar i den mätta sträckan. Om mätthjulet inte får grepp blir den indikerade sträckan för kort, och motsatt, vid skarpa ojämnheter uppför och utför blir sträckan överskattad. Vid mätningar i terräng vore det kanske bättre att använda enbart GPS och då helst RTK, (Real Time Kinematic), då får man cm-noggrannhet och man kan då göra mätningen oberoende av mätthjulet för registrering av sträcka.

VISION

Här vore det önskvärt om man med hjälp av bildanalys eller andra beräkningar kan säga något om markens beskaffenhet. Ett åtråvärt resultat vore om man kunde få ett kvantitativt mått på förekommande block- och sten-storlek som resultat.

Om tekniken visar sig användbar och att analys av indata kan ske i realtid kan informationen bli en viktig del för framtida maskinstyrningssystem ex. med aktivt anpassade tryck för markberedningsaggregat eller som källa för bärighetsinformation i ett autonomt maskinarbete. För specifika mätningar kan markradartekniken på sikt komma att utvecklas till billigare, robustare och mer tillämpad apparatur än de som används idag.

Slutsatser

I den här studien så har vi saknat verktyg för att med hjälp av beräkningar på radargram-data i efterhand skapa ett mått på blockighet och stenförekomst. Radargram används idag för att direkt hitta strukturer under markytan, för skogsbruket så skulle ett statistiskt mått vara mer användbart eftersom behovet av att detektera enskilda stenar och block egentligen inte finns. Detta borde prövas i kommande studier.

Vid insamlandet av radargram så finns möjligheten att göra systematiska slag över ett område och utifrån sådana data skapa en bild i 3D över området. Eftersom markradar-antennerna mäter konformat ner i marken så får man radarreflexer från enskilda stenar från fler slag än ett på detta sätt vilket borde underlätta detektionen av sten och block.

De kommersiella markradarutrustningarna som vi prövat här har jobbat med några fasta frekvenser som vi inte kunnat välja fritt, man kan säga att vi mätt på onödigt stora djup i förhållande till behovet. Upplösningen i radargrammen ökar med ökande radarfrekvens så om man optimerar frekvensen med avseende på mätdjup så kan man nå betydligt större upplösning i radargrammen.

Förslag på fortsatta studier

För vidare studier av markradar syftande till praktisk användning i skogsbrukets planering av skogsskötsel och markberedningsplanering är det angeläget att genomföra:

- Indikativ beräkning av kostnad och nyttja för tekniken, idag och på längre sikt.
- Analys av möjlig teknisk utformning för mätning från skördare- skotare och markberedare.

Referenser

Berg, S. 1995. Terrängtypschema för skogsarbete, Skogforsk 1995, Stiftelsen Skogsarbeten 1991, 1982.

Bilaga 1. Jordsondsmätningar

Med jordsond mättes för varje meter längs markberedningsslaget nedsticksdjup i cm.

Tabell 1.

Längd(m)	Sonderingsdjup(m)	Stubbe	Vatten	Block	Längd(m)	Sonderingsdjup(m)	Stubbe	Vatten	Block
1	-20				41	0	1		
2	-15				42	-55			1
3	-21				43	-31			1
4	-16				44	-40			1
5	-31			1	45	-24		1	1
6	-21				46	-33			1
7	-33			1	47	-35			1
8	-13				48	-25		1	1
9	-25			1	49	-32		1	1
10	-36			1	50	-14			
11	-5				51	-14			
12	-24			1	52	-17			
13	-21				53	-17			
14	-29			1	54	-20			
15	0				55	-40			1
16	-16				56	-14			
17	-10				57	0			
18	-12				58	-36			1
19	-11				59	-10			
20	-11				60	-25			1
21	-13				61	-11			
22	0	1			62	-19		1	
23	-13				63	-13			
24	-19				64	-19			
25	-66			1	65	-16			
26	-13				66	0			
27	0				67	-16		1	
28	-10				68	-20		1	
29	-15				69	-35			1
30	-27			1	70	-37			1
31	-32			1	71	-45			1
32	-20				72	-27			1
33	-16				73	-27			1
34	-10				74	-25			1
35	-5				75	-27			1
36	-7				76	-18		1	
37	-22			1	77	-17			
38	-40			1	78	-34			1
39	-28			1	79	-45		1	1
40	-22			1	80	-37		1	1

Tabell 2. Passagen II, mätdata jordsond.

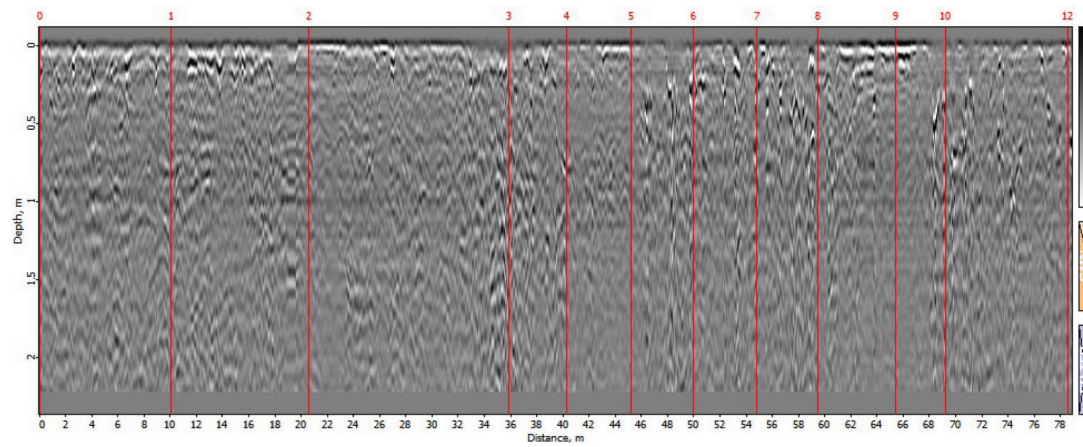
Längd(m)	Sonderingsdjup(m)	Stubbe	Vatten	Block	Längd(m)	Sonderingsdjup(m)	Stubbe	Vatten	Block
1	-25			1	51	-13			
2	-30			1	52	-14			
3	-28			1	53	-19			
4	-21				54	-22			1
5	-25			1	55	-17			
6	-14				56	-20			
7	-25			1	57	0	1		
8	-29			1	58	-5			
9	-22			1	59	-22			1
10	-17				60	-20			
11	-30			1	61	0			
12	-44			1	62	-41			1
13	-37			1	63	-27			1
14	-31			1	64	-22			1
15	-18				65	0	1		
16	-24			1	66	-32			1
17	-22			1	67	0			
18	-24			1	68	-39		1	1
19	-23			1	69	0			
20	-30			1	70	0		1	
21	-48			1	71	-11		1	
22	-12				72	0		1	
23	-28			1	73	0			
24	-23			1	74	-9			
25	-28			1	75	0			
26	-22			1	76	-5			
27	-11				77	-18		1	
28	-21				78	-38			1
29	-9				79	-35		1	1
30	-15				80	-24			1
31	-37			1	81	-26		1	1
32	-22			1	82	-5			
33	-10				83	-3			
34	-16				84	-8			
35	-18				85	-10			
36	-30			1	86	-18			
37	-30			1	87	-23			1
38	-20				88	-18			
39	-23			1	89	-10			
40	-17				90	-16			

Forts. Tabell 2. Passagen II, mätdata jordsond.

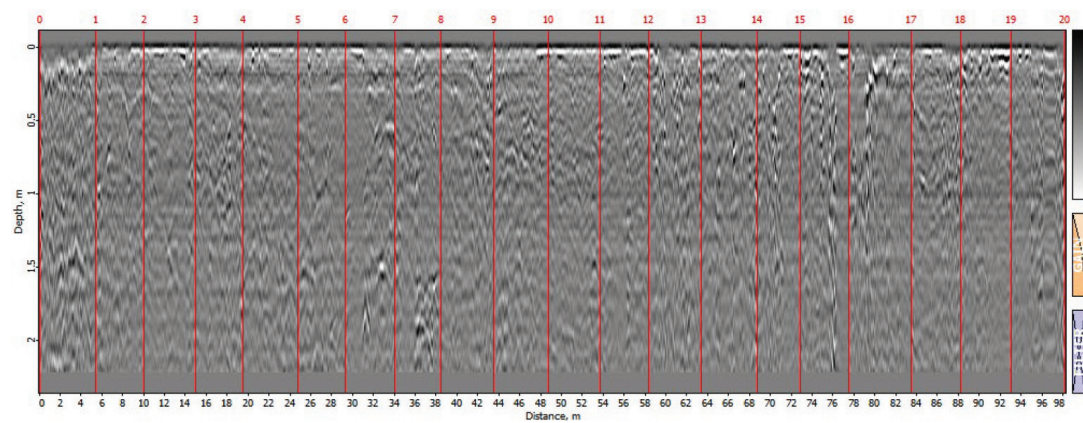
Längd(m)	Sonderingsdjup(m)	Stubbe	Vatten	Block	Längd(m)	Sonderingsdjup(m)	Stubbe	Vatten	Block
41	-30			1	91	-30			1
42	-26			1	92	0			
43	-5				93	-26			1
44	-19				94	-11			
45	-22			1	95	-10			
46	-8				96	-18			
47	-15				97	-5			
48	-10				98	-22			1

Bilaga 2. Radargram

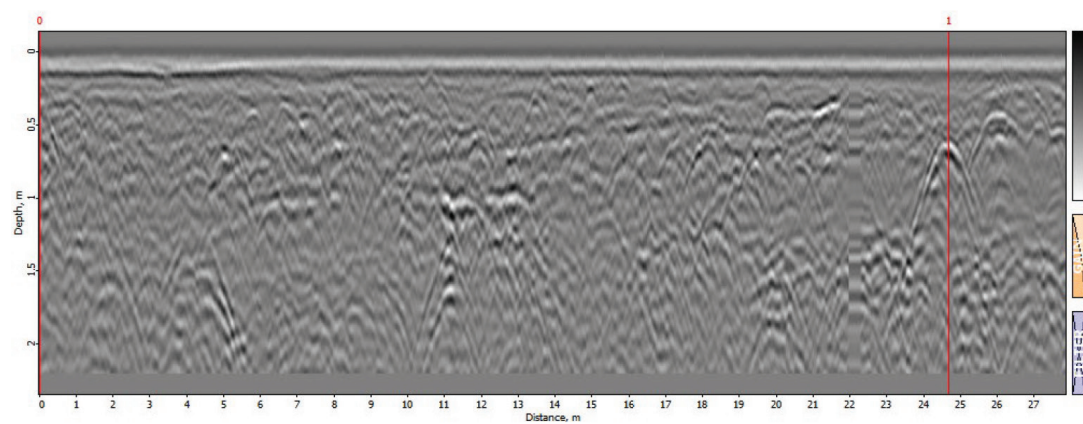
Samtliga radargram, rådata utan efterbearbetning.



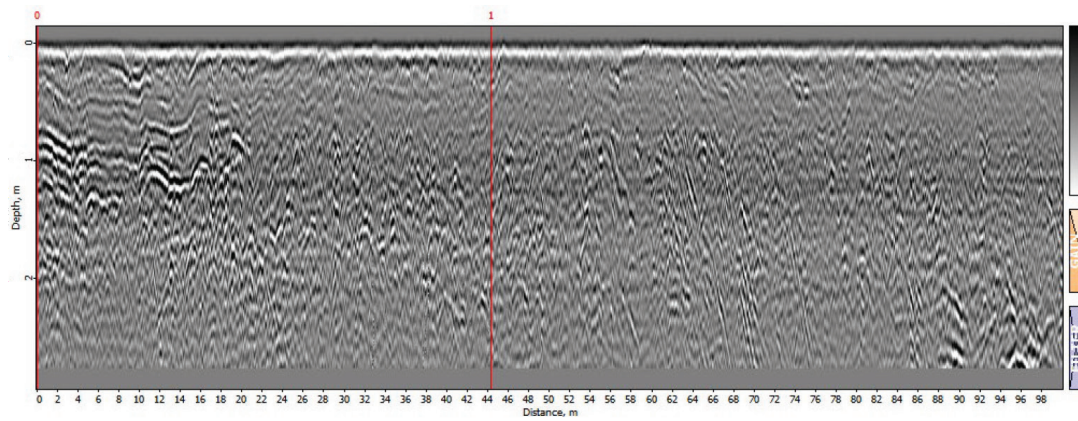
Figur 1. Passagen I, Cobra CBR.



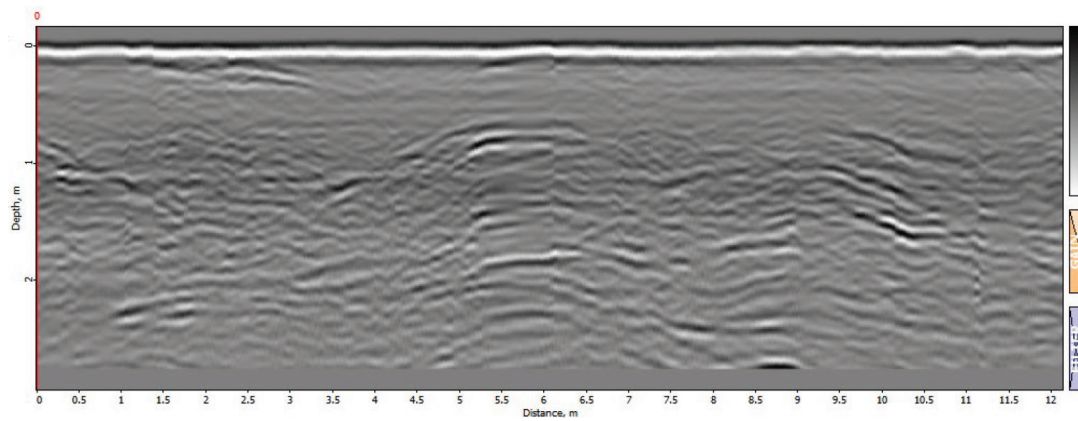
Figur 2. Passagen II, Cobra CBR.



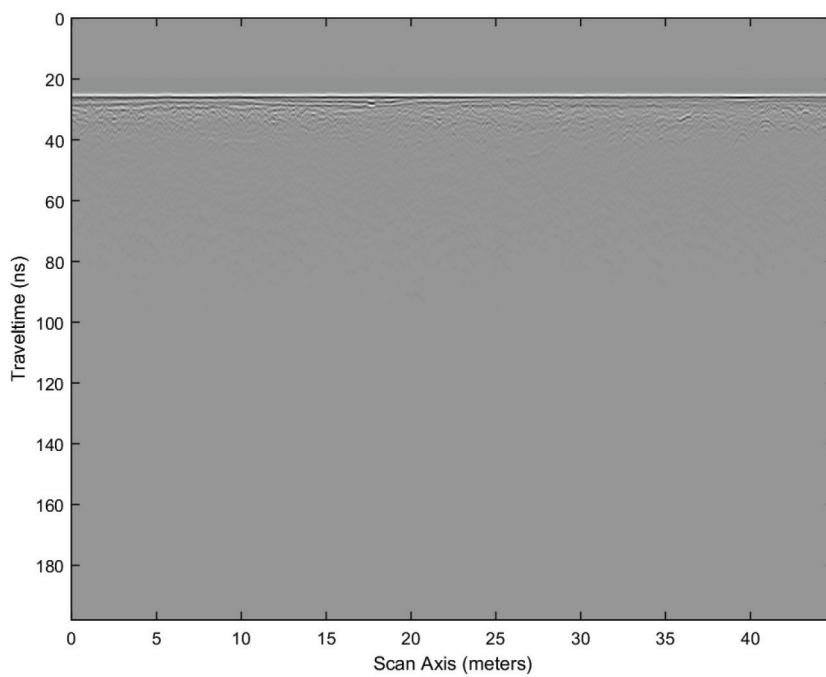
Figur 3. Vägkropp, Cobra CBR.



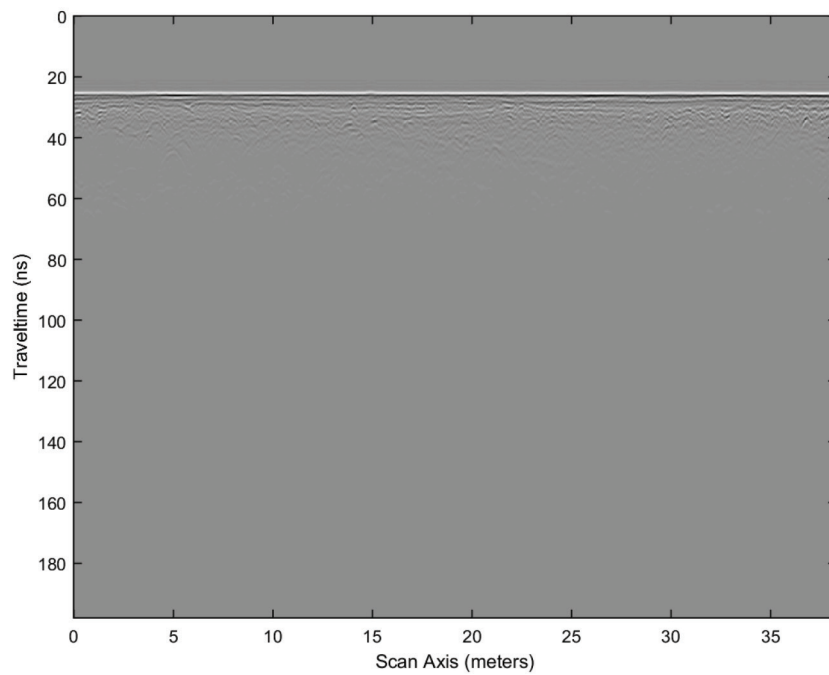
Figur 4. Grustag, skärning, Cobra CBR.



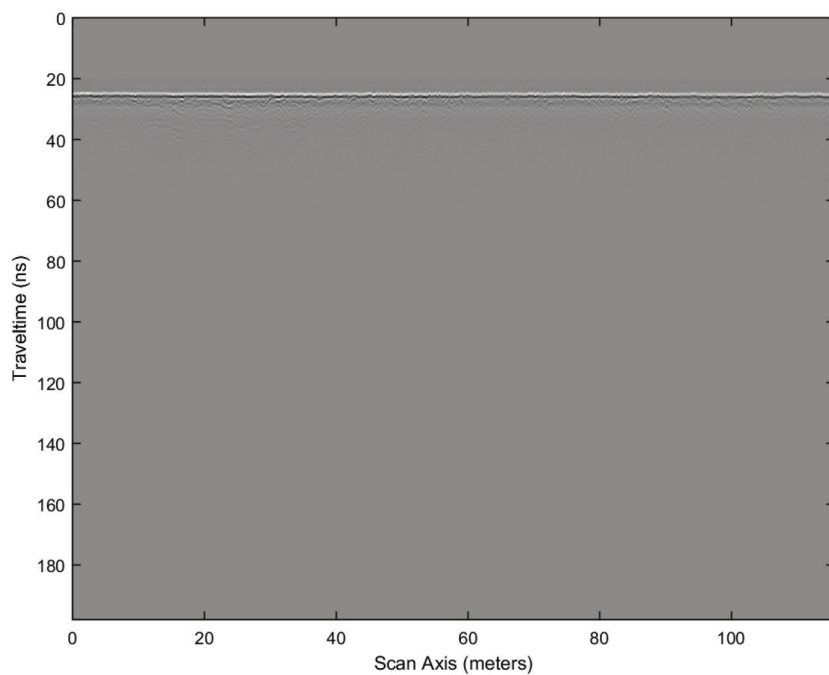
Figur 5. Grusupplag, Cobra CBR.



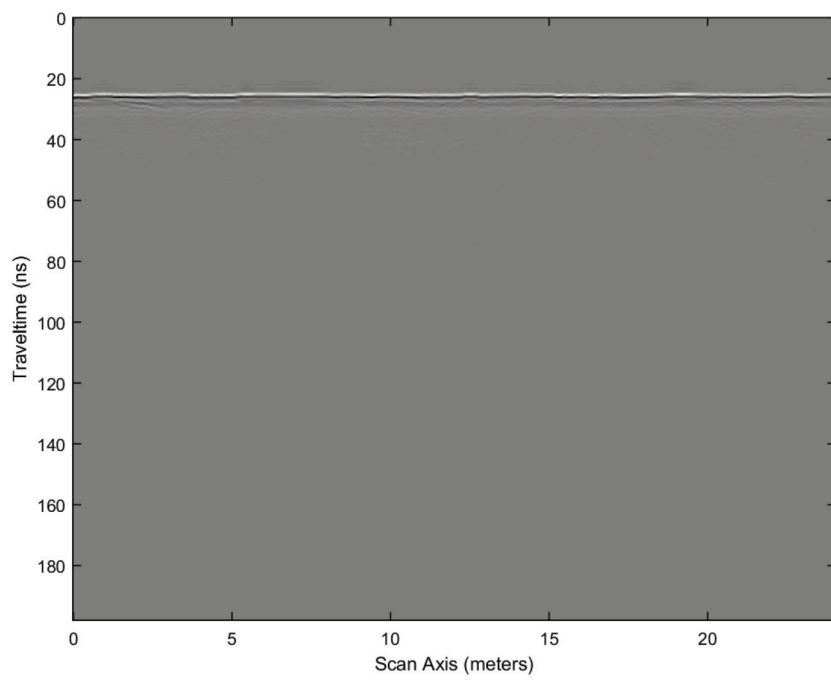
Figur 6. Väggkropp, Malå GX.



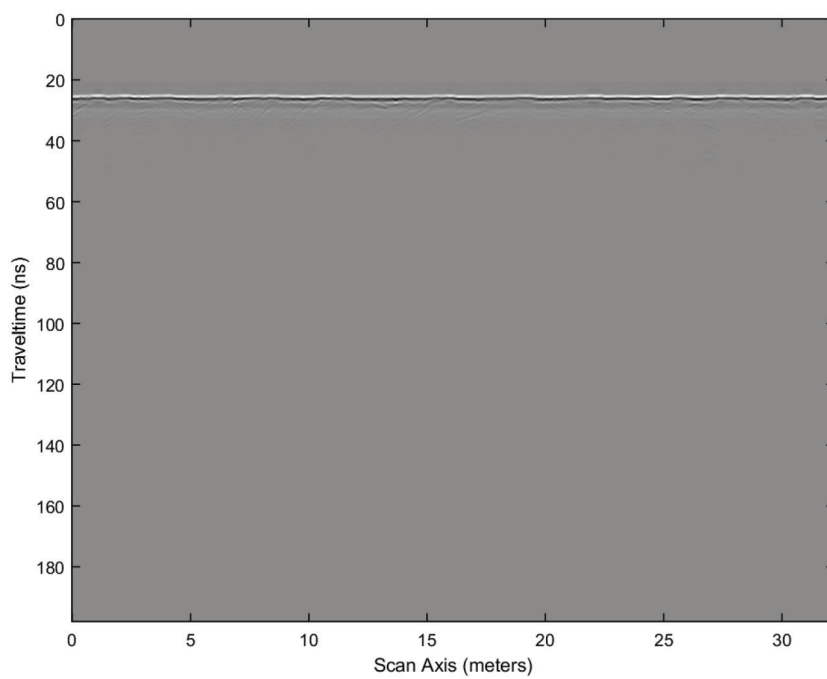
Figur 7. Vägkropp, Malå GX.



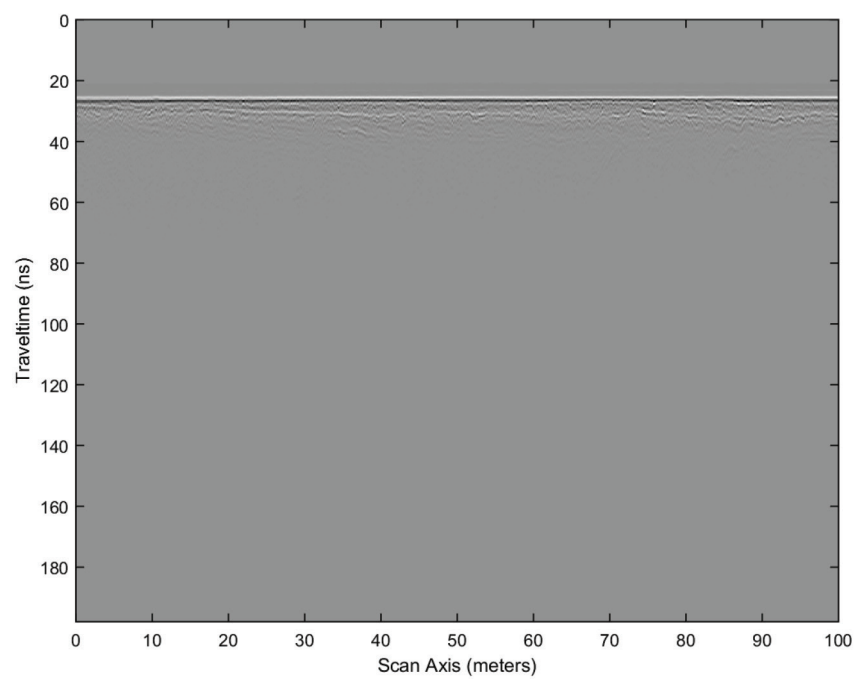
Figur 8. Grustag, skärning, Malå GX.



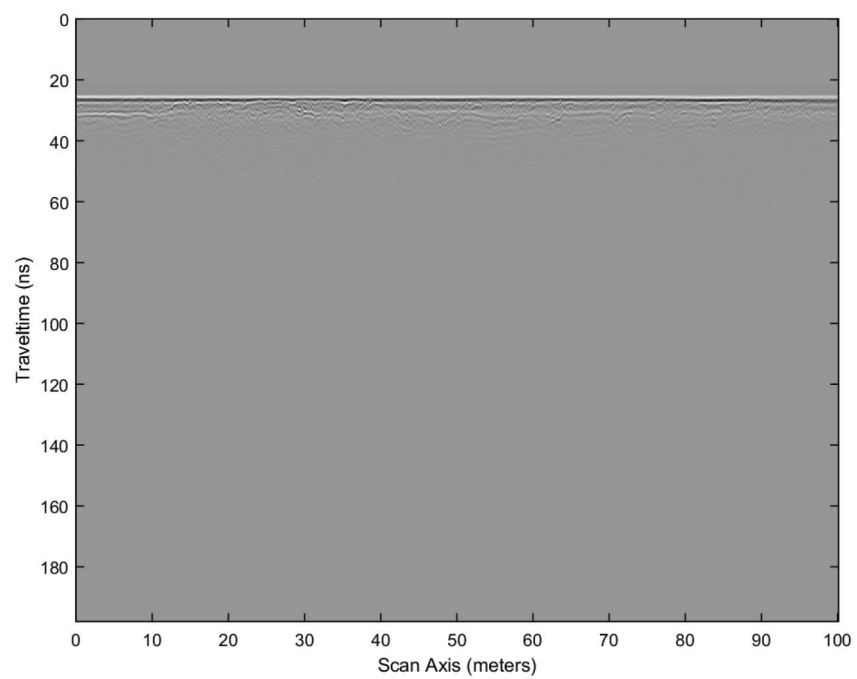
Figur 9. Grusupplag 1, Malå GX.



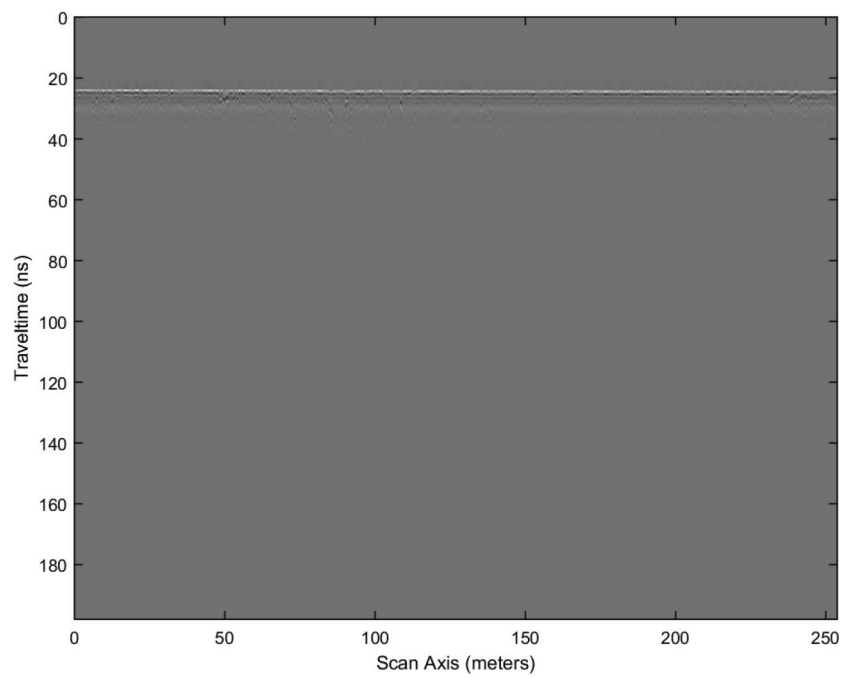
Figur 10. Grusupplag 2, Malå GX.



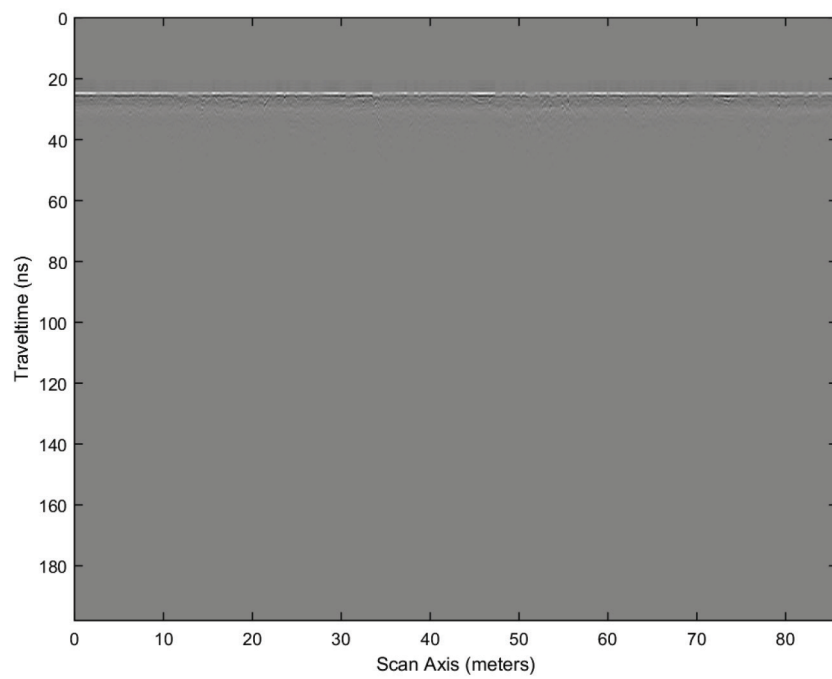
Figur 11. Grusväg 100 m, Malå GX.



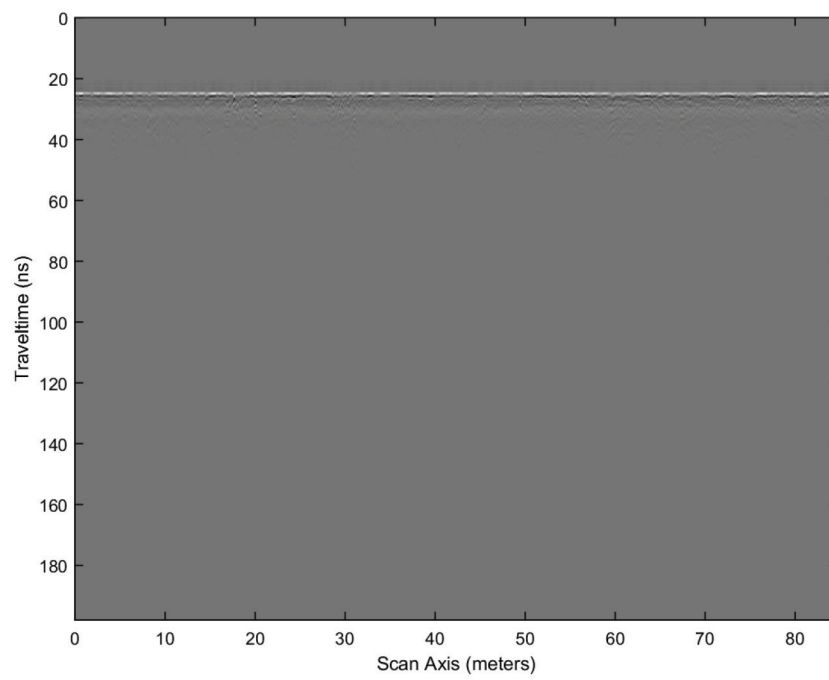
Figur 12. Grusväg 100 m, Malå GX.



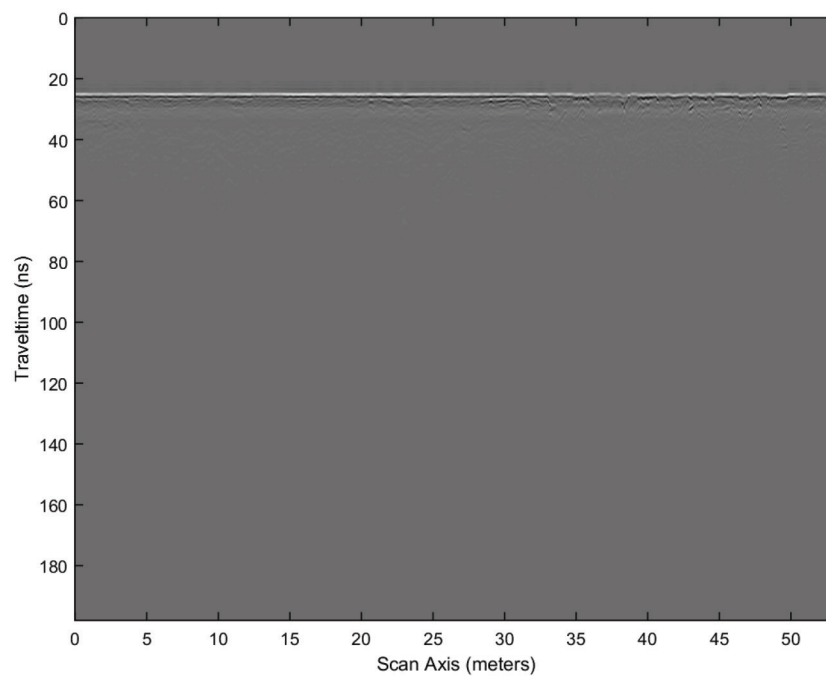
Figur 13. Förflyttning till Passagen I, Malå GX.



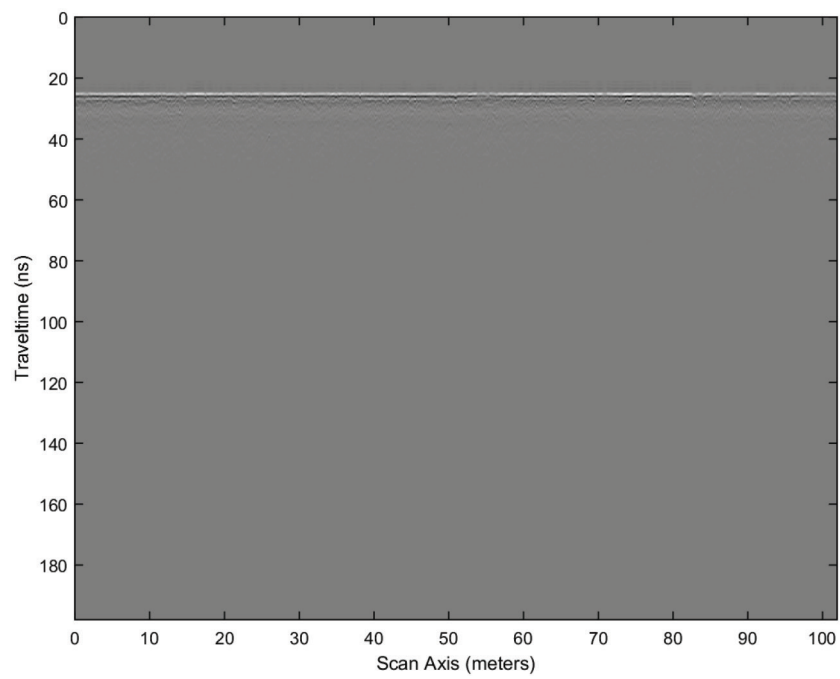
Figur 14. Passagen I högerspår utför, Malå GX.



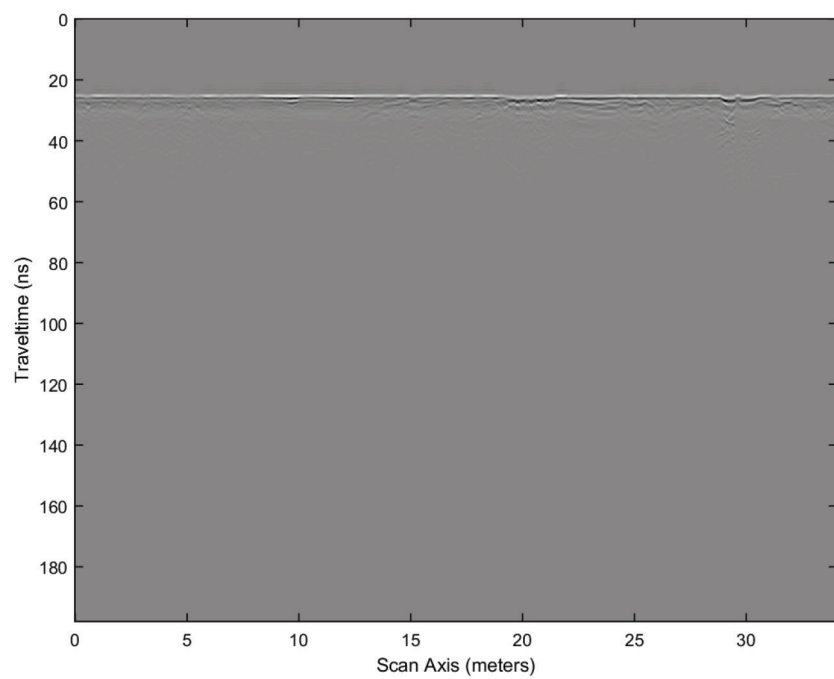
Figur 15. Passagen I högerspår uppför, Malå GX.



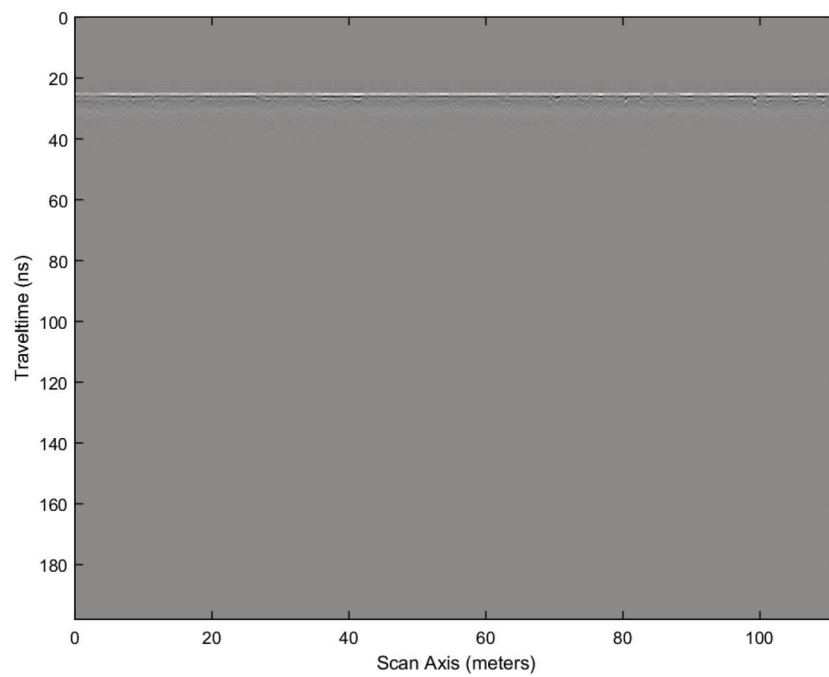
Figur 16. Häll, Malå GX.



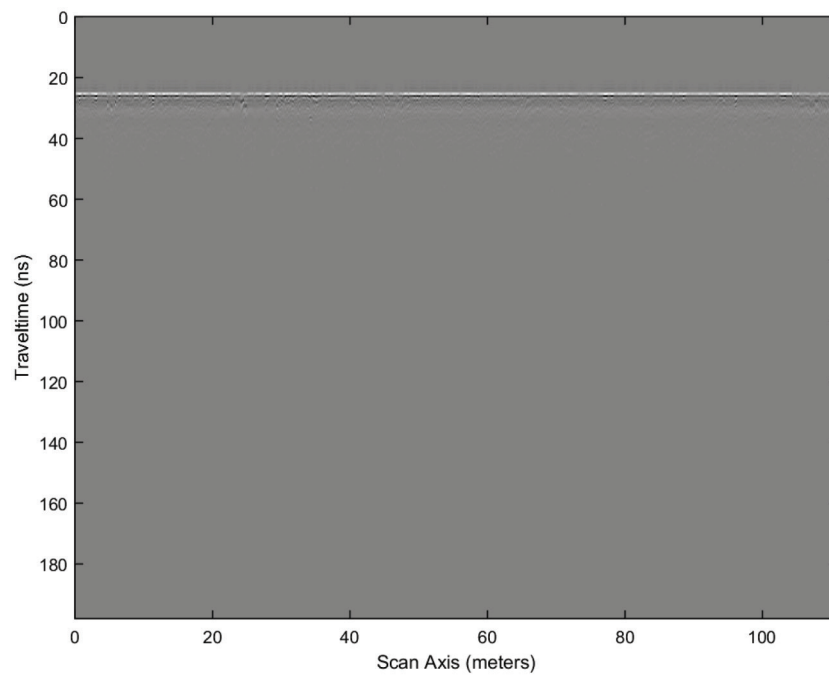
Figur 17. Förflyttning, Malå GX.



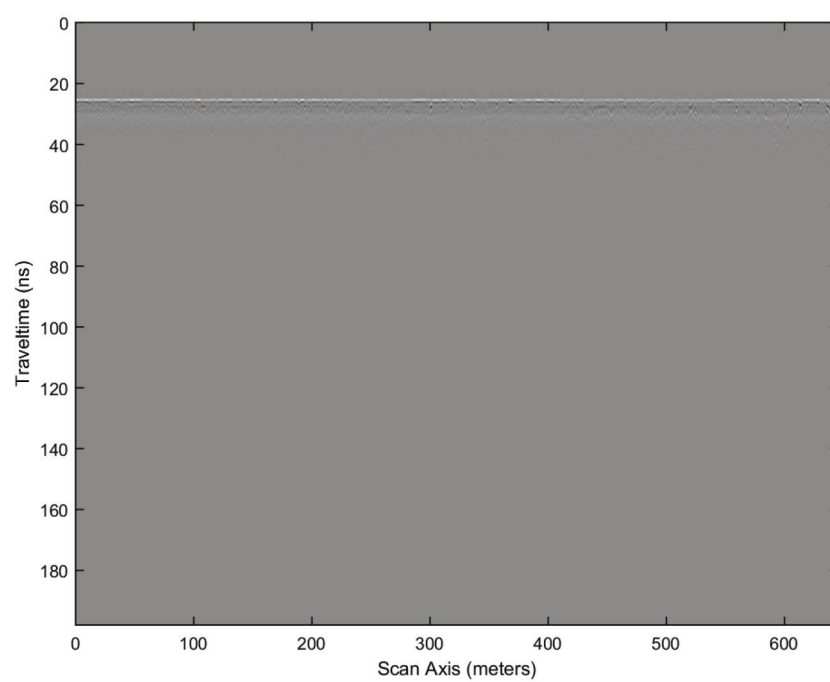
Figur 18. Häll, Malå GX.



Figur 19. Passagen II höger spår utför.



Figur 20. Passagen II, höger spår uppför, Malå GX.



Figur 21. Transport basväg, Malå GX.